

ANALISIS REKLAMASI LAHAN UNTUK PEMBANGUNAN PELABUHAN DI KETAPANG DENGAN MENGGUNAKAN *GEOSYNTHETIC*

Liany Ayu Catherine¹⁾ Johnny, MTS,²⁾ Vivi Bachtiar²⁾

ayu_liany@yahoo.com

ABSTRAK

Reklamasi adalah suatu pekerjaan/usaha mendapatkan lahan yang tadinya tertutup air menjadi lahan yang kering dan untuk dimanfaatkan menjadi lahan berguna untuk dimanfaatkan sesuai dengan peruntukannya. Reklamasi ini dapat dilakukan pada lahan-lahan yang berada dipantai, rawa-rawa dan dilepas pantai. Untuk pembangunan lahan pelabuhan di Ketapang yang telah dikaji dalam studi kelayakan (Studi Kelayakan Pelabuhan Regional di Kabupaten Ketapang 2012), akan tetapi kedalaman tepian pantainya dangkal dan belum memadai untuk draft kapal yang besarnya telah ditentukan sesuai rencana kapal yang akan berlabuh. Maka dari itu untuk mengejar kedalaman yang sesuai tersebut terlalu jauh dari pantai (± 1 km) sehingga untuk mengejar kedalaman tersebut diperlukan pilihan seperti dengan membuat trestle/ jembatan dari pantai sampai ke dermaga atau dengan membuat lahan yang berair tadi menjadi daratan dengan cara reklamasi. Keuntungan reklamasi ini akan tersedia lahan/ daratan yang dapat disesuaikan sebagai daerah pelabuhan, perkantoran, lahan untuk tempat timbunan peti kemas dan lainnya. Untuk mengupayakan mendapatkan lahan hasil reklamasi tersebut diperlukan material bahan timbunan diambil dari lokasi yang berdekatan lokasi lahan yang akan ditimbun dan untuk menahan timbunan diperlukan konstruksi yang bisa berfungsi sebagai tembok/dinding penahan tanah yang terbuat dari bahan timbunan itu sendiri dengan menggunakan Geosynthetic yang berbentuk geobag. Sehingga proses reklamasi menjadi lebih gampang dan murah dalam pelaksanaannya. Material timbunan tersebut diambil dari laut sekitar yang berpotensi dengan timbunan pasir dan termasuk dari muara sungai Pawan.

Dalam penelitian yang dilakukan, menggunakan metode analisa data seperti, besarnya gelombang yang akan terjadi dilokasi lahan reklamasi agar mengetahui gelombang rencana yang akan terjadi termasuk besarnya. Menganalisa data angin untuk menentukan arah angin datang dan besarnya yang dapat menimbulkan tinggi gelombang dan refraksi gelombang yang terjadi. Jenis tanah yang akan digunakan untuk urugan dan pengisi geobag dan reklamasi lahan berupa pasir yang jenuh air, yang akan diambil dari sekitaran lokasi dasar laut. Desain dinding penahan tanah menggunakan geobag dengan cara ditumpuk, memiliki tinggi 6,3 m dari permukaan air laut sampai dasar laut yang paling dalam dan berbentuk susunan trapesium dengan lebar puncak trapesium tersebut 5,09 m (tiga baris geobag) dan lebar dasar trapesium 26,47 m (11 baris). Adapun ukuran Geobag 2 x 1,5 x 0,6 m. Ukuran Geobag didapat dari perhitungan pengaruh gelombang pada susunan geobag. Sehingga beratnya ditentukan dengan ukuran volume yang diperlukan dan selanjutnya dibesarkan ukuran tersebut dikaji ulang dengan pengaruh tekanan tanah akibat timbunan untuk reklamasi yang ditahan oleh susunan geobag dengan analisa gaya geser, gaya guling dan daya dukung izin dilampaui.

Kata kunci : Reklamasi, *Geosynthetic*, Dinding Penahan Tanah, *Geobag*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Ketapang sebagai daerah bahari yang memiliki potensi sumber daya alam yang cukup besar membutuhkan pelabuhan untuk akan dijadikan bongkar muat pada moda transportasi laut yang baik. Untuk menunjang perekonomian Kabupaten Ketapang dan penunjang kelancaran perdagangan antar pulau. Kabupaten ini sebenarnya telah mempunyai pelabuhan yang berada di Sungai Pawan, akan tetapi sesuai dengan berjalannya waktu lahan-lahan yang berada dalam DAS Sungai Pawan tersebut sudah berubah fungsi dari hutan menjadi lahan-lahan yang terbuka untuk dijadikan lahan perkebunan, pertanian, pertambangan

dan peruntukan lainnya tentu saja berdampak kepada semakin dangkalnya perairan pelabuhan di sungai tersebut dan alur pelayaran menuju pelabuhan menjadi tidak layak untuk kapal-kapal yang bermuatan besar.

Kabupaten Ketapang sendiri secara umum memiliki pantai yang cukup panjang, akan tetapi untuk dijadikan pelabuhan dengan bobot kapal tertentu perlu dilakukan modifikasi keadaan pantai yang ada. Kecuali daerah yang secara alami ada di Kota Kendawangan akan tetapi pelabuhan tersebut juga berada di dalam Sungai Kendawangan dan setiap pelabuhan di dalam sungai kendalanya adalah pendangkalan di muara sungai, akibat besarnya angkutan sedimen yang terjadi setiap tahun selau meningkat

sehingga alur pelayaran terjadi pendangkalan. Kabupaten Ketapang semakin terdesak untuk menyiapkan pelabuhan yang sepanjang tahun dapat dimanfaatkan sehingga memudahkan proses ekspor dan impor. Kabupaten Ketapang sudah melakukan studi kelayakan pada tahun 2012 dengan 3 lokasi pilihan yaitu, Kuala Satong, Kota Ketapang dan Desa Pelang. Dilakukan berbagai survey dan analisis terhadap 3 lokasi tersebut dengan hasil akhir Desa Pelang sebagai lokasi yang paling unggul dan layak untuk daerah sebagai lokasi pelabuhan laut, Dibalik pemilihan lokasi tersebut ditemukan masalah lain, bibir pantai yang dimiliki membentang luas namun, daerah kedalaman perairannya sangatlah dangkal tidak sesuai dengan jenis pelabuhan rencana kedalaman perairan yang sesuai, sangatlah jauh dari bibir pantai yaitu, sekitar ± 1 km. Direkomendasi mereklamasi laut untuk dijadikan lahan baru (peruntukan lahan timbun, perkantoran, BBM, Air Baku Terminal pergantian Moda) untuk mengejar kedalaman tertentu sesuai dengan lokasi yang akan dijadikan pelabuhan barang maupun angkutan penumpang.

Dalam peletakan pelabuhan, hendaknya ditinjau dari berbagai aspek yaitu, tidak terlalu jauh dari ibu kota Kabupaten akan erat kaitannya dengan biaya distribusi dan tidak terlalu jauh dari lokasi hasil bumi pada saat pengiriman dan pengambilan hasil alam yang akan di kirim ke berbagai daerah. Maka keputusannya untuk mendapatkan lahan yang memadai dan memenuhi kebutuhan lahan untuk mencapai kedalaman yang layak yaitu dengan melakukan reklamasi karena, kebutuhan anggaran untuk perencanaan jauh lebih murah dibandingkan dengan pembebasan lahan dan pengerukan. Akibat kendala dangkalnya perairan di daerah tersebut. Bahan galian dan timbunan bisa diambil dari lokasi sekitar seperti; tanah dasar laut atau sedimen-sedimen yang terkumpul di muara sungai Sungai Pawan yang selalu dangkal.

1.2. Rumusan Masalah

Menganalisis Dinding penahan tanah sampai kedalaman yang dibutuhkan untuk direklamasi sehingga mencapai kedalaman kolam pelabuhan untuk jenis kapal 3000 - 5000 DWT.

1.3. Pembatasan Masalah

Pelaksanaan perencanaan reklamasi ini hanya bagaimana menganalisa yang akan di laksanakan dengan sistem penanggulan lahan

di laut dengan menggunakan bahan *geosynthetic* dengan memperhitungkan besarnya gelombang yang terjadi disekitar perairan Desa Pelang dan tingginya timbunan tanah yang akan dilakukan pada lahan reklamasi, sehingga *geosynthetic* yang akan direncanakan stabil terhadap guling, gaya geser, dan daya dukung tanah.

a. Data Sekunder mencakup :

- Data Kebutuhan Luas Lahan Reklamasi
 - Data Angin
 - Data Bathimetri
 - Data Pasang Surut
 - Data Sebaran Sedimen di Permukaan Dasar Laut
 - Data Jenis Tanah dari laboratorium
- b. Daerah yang akan direklamasi yaitu di pinggiran pantai Desa Pelang, Kecamatan Matan Hilir Selatan, Kabupaten Ketapang
 - c. Merencanakan dinding penahan tanah dengan *geobag* untuk daratan buatan yang akan direklamasi
 - d. Menentukan energi gelombang yang dihasilkan oleh angin
 - e. Luas Lahan yang akan direklamasi 37.241, 75 m x 38.885 m
 - f. Tidak menganalisa tahapan ketebalan timbunan.

1.4. Maksud dan Tujuan

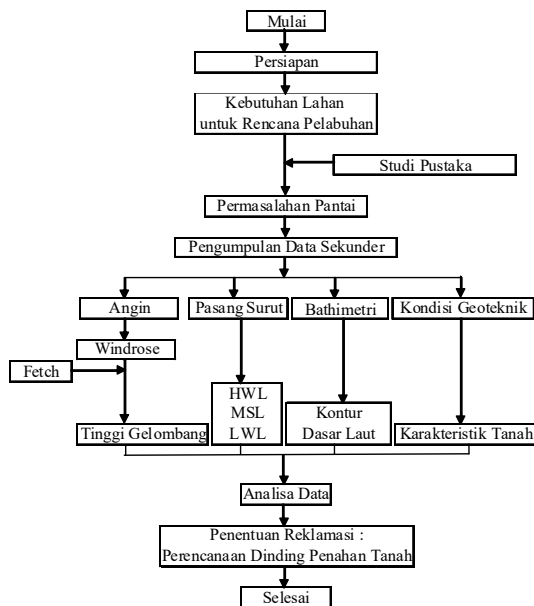
- Menganalisis kedalaman perairan sesuai dengan jenis kapal yang akan berlabuh
- Menganalisis energi yang ditimbulkan oleh gelombang yang disebabkan oleh angin menghasilkan gaya momentum terhadap dinding penahan tanah

1.5. Metode Penulisan

Secara garis besar, metode yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

a. Studi Pustaka (*Library Research*)

Merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan-pengetahuan mengenai topik yang diangkat. Penulis memperoleh bahan penulisan dari referensi berbagai literatur serta ilmu yang diperoleh di bangku perkuliahan.



Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

2. LANDASAN TEORI

2.1 Geobag

a. Menentukan Berat Isi Butir Geobag

Menggunakan rumus "Stabilitas Batu Lapis Pelindung" dengan batu yang diganti dengan pasir di dasar air. Dihitung dengan menggunakan rumus Hudson :

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

Tabel 1. Koefisien Stabilitas K_D untuk berbagai jenis butir

Lapis Lindung	n	Penempatan	Lengan Bangunan		Ujung (kepala) bangunan		Kemiringan
			K _D		K _D		
			Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	
Batu pecah	2	Acak	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5 - 3,0
Bulat halus	> 3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	α ²
Bersudut kasar	1	Acak	α ¹	2,9	α ¹	2,3	α ²
Bersudut kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
Bersudut kasar	> 3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,2	α ²
Bersudut kasar	2	Khusus α ³	5,8	7,0	5,3	6,4	α ²
Paralelepipedum	2	Khusus	7,0-20,0	8,5-24,0	-	-	-
Tetrapod dan	2	Acak	7,0	8,0	5,0	6,0	1,5
Quadripod					4,5	5,5	2,0
					3,5	4,0	3,0
Tribar	2	Acak	9,0	10,0	8,3	9,0	1,5
					7,8	8,5	2,0
					6,0	6,5	3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0	16,0	2,0
					7,0	14,0	3,0
Kubus dimodifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	α ²
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	5,0	7,0	α ²
Tribar	1	Seragam	12,0	15,0	7,5	9,5	α ²
Batu pecah (KUR) (graded angular)	-	Acak	2,2	2,5	-	-	-

(Sumber : Rekayasa Pantai, Bambang Triatmodjo)

b. Analisis Dimensi Geobag

Geobag adalah struktur yang berbentuk seperti bantal yang terbuat dari material geosintetik (*geotextile*), baik *woven* maupun *non woven*. Geobag berbentuk silinder dengan luas potongan melintangnya adalah lingkaran. Jika diameter geobag pada saat terisi penuh ($F_F = 100\%$), maka luas dan keliling potongan melintang geobag (A_G dan K_G) masing-masing dirumuskan:

$$A_G = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$K_G = \pi d$$

Dengan demikian, pada saat geobag diisi penuh ($F_F = 100\%$), maka akan diperoleh ukuran struktur h_G dan l_G adalah sama, yaitu d ($h_G = l_G = d$, untuk $F_F = 100\%$). Sementara itu, pada saat geobag tidak terisi atau kosong (nilai $F_F = 0$), maka diperoleh :

$$h_G = 0$$

dan

$$l_G = \frac{\pi d}{2}$$

Dari batasan di atas, maka tinggi dan lebar geotube masing-masing dapat dirumuskan seperti berikut :

$$h_G = F_F x d^{F_F}$$

$$l_G = \frac{\pi d}{2} e^{\beta \cdot F_F}$$

Dengan β adalah suatu konstanta yang harus ditentukan secara selisih kuadrat terkecil. Perlu diketahui bahwa formula di atas, berlaku untuk pasir dengan gradasi yang cukup baik, sehingga porositasnya sangat kecil. Apabila porositas besar, kemungkinan besar formula di atas berbeda.

2.2 Dinding Penahan Tanah

a. Analisis Daya Dukung Vesic

Tabel 2. Faktor Bentuk (*shape*), Faktor Kedalaman (*depth*), Faktor Inklinasi (*inclination*), faktor tanah atau alas pada lereng (*ground*) dan faktor alas miring (*base*) untuk persamaan daya dukung *Vesic*.

Faktor	Nilai	Kondisi
Bentuk (Shape):	$\zeta_{sc} = 1.0 + \frac{N_q}{N_q} \cdot \frac{B^*}{L'}$	Tipe pondasi persegi
	$\zeta_{sq} = 1.0 + \frac{N_q}{N_q}$	Tipe pondasi bujursangkar dan lingkaran
	$\zeta_{sc} = 1.0$	Tipe pondasi jalur ✓
Kedalaman (Depth):	$\zeta_{sq} = 1.0 + \frac{B}{L} \cdot \tan \phi$	Tipe pondasi persegi
	$\zeta_{sq} = 1.0 + \tan \phi$	Tipe pondasi bujursangkar dan lingkaran
	$\zeta_{sq} = 1.0$	Tipe pondasi jalur
	$\zeta_{sq} = 1.0 - 0.4 \frac{B}{L}$	Tipe pondasi persegi
	$\zeta_{sq} = 0.60$	Tipe pondasi bujursangkar dan lingkaran
	$\zeta_{sq} = 1.00$	Tipe pondasi jalur ✓
Inklinasi (Inclination):	$\zeta_{ic} = \frac{1 - \zeta_{iq}}{N_q - 1}$	$\theta > 0$
	$\zeta_{ic} = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_u \cdot N_c}$	$\theta = 0^\circ$
	$A_f = \text{luas kontak efektif dari pondasi dangkal}$	
	$c_u = \text{satuan adhesi pada dasar pondasi dangkal} \approx 0.6 \text{ sampai dengan } 1.0c$	
Tanah/alas pada lereng (Ground):	$\zeta_{gc} = \zeta_{iq} - \frac{1 - \zeta_{iq}}{5.14 \tan \phi}$	$\theta > 0$
	$\zeta_{gc} = \frac{\beta}{5.14}$; β dalam radian	$\theta = 0^\circ$
	$\zeta_{gc} = (1 - \tan \beta)^2$	Untuk semua θ
	$\zeta_{gc} = (1 - \tan \beta)^2$	Untuk semua θ
Alas/alas miring (Base):	$\zeta_{bc} = 1 - \frac{2\beta}{5.14 \tan \phi}$	$\theta > 0$
	$\zeta_{bc} = \frac{\beta}{5.14}$; β dalam radian	$\theta = 0^\circ$
	$\zeta_{bc} = (1 - \eta \tan \phi)^2$; η dalam radian	Untuk semua θ
	$\zeta_{bc} = (1 - \eta \tan \phi)^2$; η dalam radian	Untuk semua θ

(Sumber : Rekayasa Pondasi I, Vivi Bachtiar)

b. Tekanan Tanah Lateral Aktif

$$K_a = \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

c. Stabilitas terhadap Gaya Eksternal

- Keruntuhan akibat Guling (*Overtuning*)

$$FS_{\text{Overtuning}} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O}$$

$FS_{\text{Overtuning}} = \frac{\text{momen tahanan akibat berat sendiri konstruksi}}{\text{momen guling akibat gaya aktif}}$

$$\sum M_O = P_h \frac{H'}{3}$$

$FS \geq 1,5$ untuk non kohesif

$FS \geq 2$ untuk kohesif

$$P_h = P_a \cdot \cos \alpha \quad ; \quad P_a = 1/2 \gamma_1 \cdot H'_2 \cdot K_a$$

$$H' = H_1 + H_2 + H_3 \quad ; \quad K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

- Keruntuhan terhadap akibat Geser (*Sliding Failure*)

$$FS_{\text{sliding}} = \frac{(\sum V) \tan(k_1 \phi_1) + B \cdot k_2 c_2 + P_p}{P_a \cdot \cos \alpha}$$

$$= \frac{\sum F_R}{\sum F_d} > 1,5$$

$$FS_{\text{sliding}} = \frac{(\sum F_R)}{\sum W} > 1,5$$

- Keruntuhan akibat Daya Dukung Tanah Izin dilampaui (*Bearing Capacity Failure*)

$$FS_{\text{bearingcapacity}} = \frac{q_{\text{ult}}}{q_{\text{maks}}} > 3$$

$$q_{\text{ult}} = c \cdot N_c \cdot \xi_{ic} \cdot \xi_{dc} + q \cdot N_q \cdot \xi_{iq} \cdot \xi_{dq} + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot \xi_{i\gamma} \cdot \xi_{d\gamma}$$

d. Eksentrisitas :

$$\text{Jika, } e = \frac{\sum M_R - \sum M_O}{\sum V} < \frac{B}{6}$$

$$\text{Maka, } q_{\text{maks}} = q_{\text{toe}} = \frac{\sum V}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right)$$

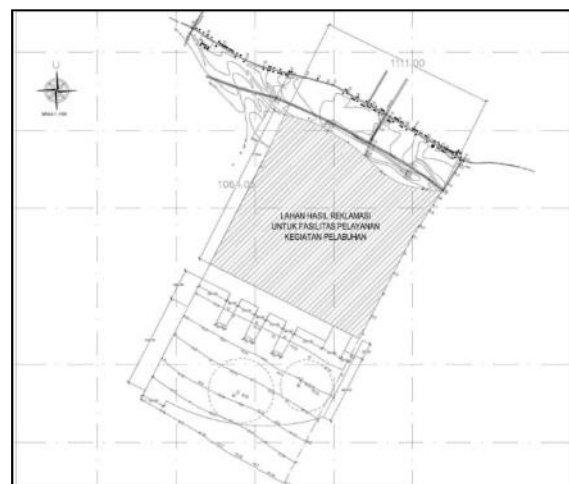
$$q_{\text{min}} = q_{\text{heel}} = \frac{\sum V}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right)$$

$$\text{Jika, } e = \frac{\sum M_R - \sum M_O}{\sum V} > \frac{B}{6}$$

$$\text{Maka, } q_{\text{maks}} = \frac{2 \sum V}{3(B - 2e)}$$

3. DATA

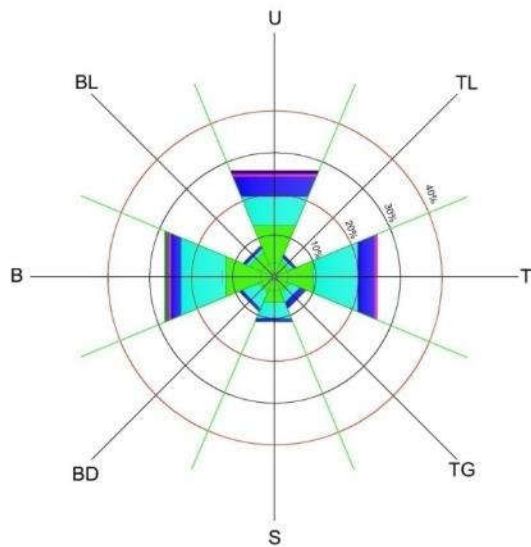
3.1. Kebutuhan Luas Lahan



Gambar 2. Gambar Rencana Luas Lahan Reklamasi

3.2. Data Angin

Data Angin yang dipergunakan yaitu Data Angin tahun 2004 - 2013.



Gambar 3. Windrose

Tabel 3. Persentase Kecepatan dan Arah datang Angin

Arah	Utara	Timur Laut	Timur	Tenggara	Selatan	Berat Daya	Berat	Berat Laut	Σ
0 - 10	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10 - 20	10,00%	0,83%	6,67%	0,83%	3,33%	0,83%	9,17%	3,33%	35,00%
20 - 30	7,50%	0,83%	11,67%	2,50%	4,17%	0,83%	11,67%	0,83%	43,33%
30 - 40	5,00%	0,83%	4,17%	1,67%	0,83%	0,83%	2,50%	0,83%	16,67%
40 - 50	0,83%	0,00%	0,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,83%	0,00%	2,50%
50 - 60	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
60 - 70	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
70 - 80	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,83%	0,00%	0,83%
80 - 90	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
90 - 100	0,83%	0,00%	0,83%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,67%
Σ	24,17%	2,50%	24,17%	5,00%	8,33%	5,83%	25,00%	5,00%	100,00%

Tabel 4. Faktor Tenggangan Angin Rata-rata

No	Tahun	X (U_A)
1	2004	25,02
2	2005	23,32
3	2006	35,92
4	2007	20,32
5	2008	19,91
6	2009	23,87
7	2010	27,83
8	2011	22,00
9	2012	30,65
10	2013	27,28

(dalam satuan knots)

Tabel 5. Periode Ulang Angin Rata-rata

	2 Thn	5 Thn	10 Thn	
Normal	25,61	29,78	31,96	Knots
Gumbell	4,27	9,99	13,78	Knots
Log Person Type III	16,04	3,04	1,72	Knots
Rata2 (U_A)	15,31	14,27	15,82	Knots
Rata2 (U_A)	7,87	7,33	8,13	m/d
Durasi	4	4	4	jam
Tinggi Gelombang (H_s)	0,65	0,59	0,68	m
Periode Gelombang (T)	3,75	3,55	3,75	s
Fetch	27	26	27	km
Panjang Gelombang (L_0)	21,97	19,69	21,97	m
d/L_0	0,8194	0,9143	0,8194	m

Untuk mencari Nilai Tinggi Gelombang (H_s), Periode Gelombang (T) dan Fetch maka diperlukan grafik peramalan gelombang dengan menghubungkan garis-garis yang telah diketahui datanya.

3.3. Gelombang

3.3.1. Deformasi Gelombang

Tabel 6. Hasil Data Deformasi Gelombang dari Periode Ulang 2 tahun

α_0	d	H_0	T	L_0	d/ L_0	d/L	
45				21,938			
45,10	20	0,6500	3,75	21,978	0,91	0,91002	
45,03	18	0,6511	3,75	21,950	0,82	0,82005	
44,94	16	0,6501	3,75	21,913	0,73	0,73015	
44,80	14	0,6484	3,75	21,861	0,64	0,64041	
44,58	12	0,6452	3,75	21,775	0,55	0,55108	
44,15	10	0,6383	3,75	21,610	0,46	0,46275	
43,22	8	0,6229	3,75	21,244	0,37	0,37657	
41,09	6	0,5888	3,75	20,392	0,28	0,29423	
L	C_0	C	sina	α	cosa ₀ /cosa	K_r	
21,978	5,85	5,86	0,7084	45,10	1,002	1,0009	
21,950	5,86	5,85	0,7075	45,03	0,999	0,9994	
21,913	5,85	5,84	0,7063	44,94	0,998	0,9992	
21,861	5,84	5,83	0,7046	44,80	0,998	0,9988	
21,775	5,83	5,81	0,7019	44,58	0,996	0,9981	
21,610	5,81	5,76	0,6965	44,15	0,993	0,9964	
21,244	5,76	5,67	0,6848	43,22	0,985	0,9922	
20,392	5,67	5,44	0,6573	41,09	0,967	0,9834	
n	n_0	K_s	H	H_0'	H_b	H_0'/H_0'	s
0,5001	0,5	1,001	0,651	1,5397	1,2934	0,84	8,98
0,5003	0,5	0,999	0,650	0,6517	0,8668	1,33	7,29
0,5010	0,5	0,998	0,648	0,6513	0,8467	1,30	5,61
0,5026	0,5	0,996	0,645	0,6508	0,8266	1,27	4,43
0,5068	0,5	0,991	0,638	0,6508	0,9307	1,43	3,64
0,5173	0,5	0,979	0,623	0,6518	0,7756	1,19	1,41
0,5417	0,5	0,953	0,589	0,6539	0,8239	1,26	0,93
0,5917	0,5	0,901	0,521	0,6537	0,8629	1,32	0,51
m	g	H_0'/gT^2	H_b/H_0'	d_b	d_b/H_b	H_b/gT^2	
0,001	9,81	0,0112	0,84	1,707	1,32	0,0094	
0,093	9,81	0,0047	1,33	0,780	0,9	0,0063	
0,074	9,81	0,0047	1,30	0,800	0,945	0,0061	
0,056	9,81	0,0047	1,27	0,827	1	0,0060	
0,186	9,81	0,0047	1,43	0,735	0,79	0,0067	
0,048	9,81	0,0047	1,19	0,853	1,1	0,0056	
0,053	9,81	0,0047	1,26	0,890	1,08	0,0060	
0,085	9,81	0,0047	1,32	0,803	0,93	0,0063	

Tabel 7. Hasil Data Deformasi Gelombang dari Periode Ulang 5 tahun

α_0	d	H_0	T	L_0	d/L_0	d/L
45				19,660		
46,00	20	0,5900	3,55	20,000	1,02	1
46,00	18	0,6004	3,55	20,000	0,90	0,90002
46,00	16	0,6003	3,55	19,999	0,80	0,80006
45,98	14	0,6000	3,55	19,994	0,70	0,70021
45,94	12	0,5991	3,55	19,979	0,60	0,60063
45,78	10	0,5963	3,55	19,927	0,50	0,50183
45,28	8	0,5880	3,55	19,755	0,40	0,40496
43,74	6	0,5653	3,55	19,223	0,30	0,31212

L	C_0	C	$\sin\alpha$	α	$\cos\alpha_0/\cos\alpha$	K_r
20,000	5,538	5,63	0,7193	46,00	1,018	1,0089
20,000	5,63	5,63	0,7193	46,00	1,000	1,0000
19,999	5,63	5,63	0,7193	46,00	1,000	1,0000
19,994	5,63	5,63	0,7191	45,98	1,000	0,9999
19,979	5,63	5,63	0,7186	45,94	0,999	0,9996
19,927	5,63	5,61	0,7167	45,78	0,997	0,9986
19,755	5,61	5,56	0,7105	45,28	0,991	0,9955
19,223	5,56	5,42	0,6914	43,74	0,974	0,9869

n	n_0	K_s	H	H_0'	H_b	H_b/H_0'	s	
0,5	0,5	1,009	0,60039	1,7095	1,6411	0,96	8,98	0,0898
0,5001	0,5	1,000	0,60032	0,6005	0,7806	1,30	7,29	0,0729
0,5004	0,5	1,000	0,60004	0,6006	0,7687	1,28	5,61	0,0561
0,5013	0,5	0,999	0,59912	0,6009	0,7691	1,28	4,43	0,0443
0,5040	0,5	0,996	0,59628	0,6017	0,8244	1,37	3,64	0,0364
0,5115	0,5	0,987	0,58796	0,6039	0,7488	1,24	1,41	0,0141
0,5314	0,5	0,966	0,56531	0,6088	0,7488	1,23	0,93	0,0093
0,5777	0,5	0,918	0,51200	0,6160	0,7946	1,29	0,51	0,0051

m	g	H_0'/gT^2	H_b/H_0'	d_b	d_b/H_b	H_b'/gT^2
0,001	9,81	0,0138	0,96	2,216	1,35	0,0133
0,093	9,81	0,0049	1,30	0,703	0,901	0,0063
0,074	9,81	0,0049	1,28	0,730	0,95	0,0062
0,056	9,81	0,0049	1,28	0,784	1,019	0,0062
0,186	9,81	0,0049	1,37	0,692	0,84	0,0067
0,048	9,81	0,0049	1,24	0,794	1,06	0,0061
0,053	9,81	0,0049	1,23	0,760	1,015	0,0061
0,085	9,81	0,0050	1,29	0,722	0,909	0,0064

Tabel 8. Hasil Data Deformasi Gelombang dari Periode Ulang 10 tahun

α_0	d	H_0	T	L_0	d/ L_0	d/L
45				21,938		
45,10	20	0,6800	3,75	21,978	0,91	0,91002
45,03	18	0,6808	3,75	21,950	0,82	0,82005
44,94	16	0,6788	3,75	21,913	0,73	0,73015
44,80	14	0,6749	3,75	21,861	0,64	0,64041
44,58	12	0,6677	3,75	21,775	0,55	0,55108
44,15	10	0,6539	3,75	21,610	0,46	0,46275
43,22	8	0,6278	3,75	21,244	0,37	0,37657
41,09	6	0,5808	3,75	20,392	0,28	0,29423

L	C_0	C	$\sin\alpha$	α	$\cos\alpha_0/\cos\alpha$	K
21,978	5,85	5,86	0,7084	45,10	1,002	1,0009
21,950	5,86	5,85	0,7075	45,03	0,999	0,9994
21,913	5,85	5,84	0,7063	44,94	0,998	0,9992
21,861	5,84	5,83	0,7046	44,80	0,998	0,9988
21,775	5,83	5,81	0,7019	44,58	0,996	0,9981
21,610	5,81	5,76	0,6965	44,15	0,993	0,9964
21,244	5,76	5,67	0,6848	43,22	0,985	0,9922
20,392	5,67	5,44	0,6573	41,09	0,967	0,9834

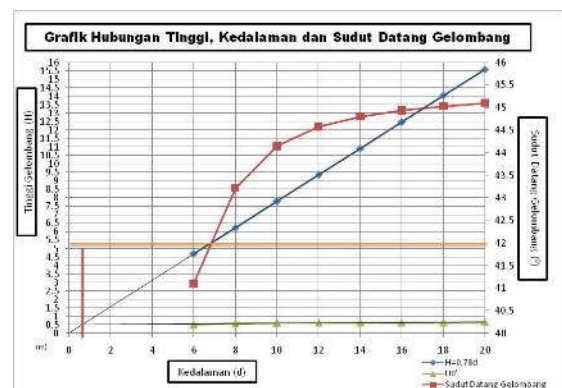
n	n_0	K_s	H	H_0'	H_b	H_b/H_0'	s
0,5007	0,5	1,000	0,68077	0,6806	0,6534	0,96	8,98
0,5017	0,5	0,998	0,67876	0,6824	0,8871	1,30	7,29
0,5040	0,5	0,995	0,67493	0,6820	0,8730	1,28	5,61
0,5084	0,5	0,991	0,66774	0,6814	0,8586	1,26	4,43
0,5173	0,5	0,981	0,65394	0,6805	0,9255	1,36	3,64
0,5345	0,5	0,964	0,62778	0,6787	0,8416	1,24	1,41
0,5654	0,5	0,932	0,58080	0,6733	0,8483	1,26	0,93
0,6163	0,5	0,882	0,50401	0,6582	0,8359	1,27	0,51

m	g	H_0'/gT^2	H_b/H_0'	d_b	d_b/H_b	H_b/gT^2
0,001	9,81	0,0049	0,96	0,882	1,35	0,0047
0,093	9,81	0,0049	1,30	0,812	0,915	0,0064
0,074	9,81	0,0049	1,28	0,829	0,95	0,0063
0,056	9,81	0,0049	1,26	0,875	1,019	0,0062
0,186	9,81	0,0049	1,36	0,805	0,87	0,0067
0,048	9,81	0,0049	1,24	0,892	1,06	0,0061
0,053	9,81	0,0049	1,26	0,861	1,015	0,0061
0,085	9,81	0,0048	1,27	0,761	0,91	0,0061

Setelah Deformasi Gelombang didapat dan menghasilkan Refraksi Gelombang dan Gelombang Pecah. Maka akan ditentukan kembali Hubungan antar tinggi gelombang laut dalam (H_0'), sudut datang gelombang (α) dan tinggi gelombang di laut dalam ($H = 0,78d$).

Tabel 9. Nilai d, α , H_0' dan $H = 0,78d$ dengan Periode 2 Tahun

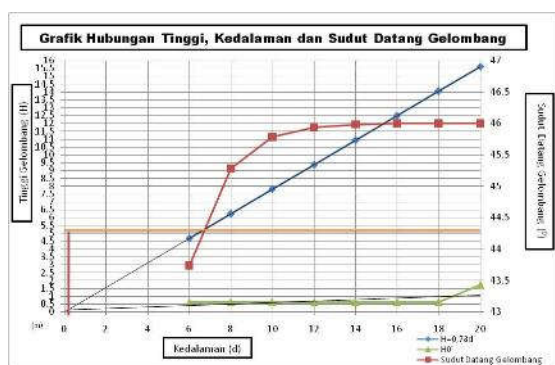
d (m)	α	H_0'	$H = 0,78d$
0			
2			
4			
6	41,09	0,521	4,68
8	43,22	0,589	6,24
10	44,15	0,623	7,8
12	44,58	0,638	9,36
14	44,80	0,645	10,92
16	44,94	0,648	12,48
18	45,03	0,650	14,04
20	45,10	0,651	15,6



Gambar 4. Refraksi Gelombang Periode 2 Tahun

Dari gambar tersebut menghasilkan nilai; kedalaman laut (d) = 0,7 m, tinggi gelombang (H_0') = 0,6 m dan sudut datang gelombang (α) = 42° . Dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut adalah keadaan di mana kondisi gelombang itu pecah sesaat menuju garis pantai. Dari tinggi gelombang tersebut juga bisa disimpulkan bahwa tinggi gelombang yang terjadi saat mendekati garis pantai adalah 0,6 m, dengan begitu tinggi timbunan untuk reklamasi haruslah lebih dari 0,6 m saat periode ulang 2 tahun

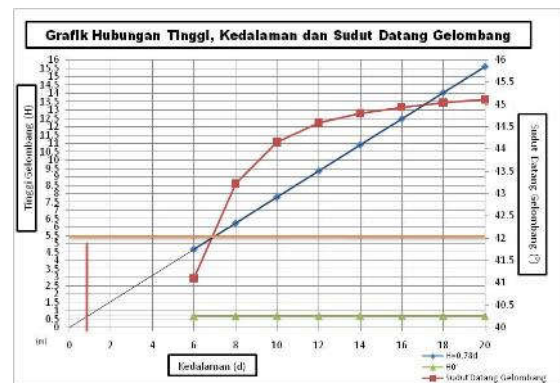
Tabel 10. Nilai d , α , H'_0 dan $H = 0,78d$ dengan Periode 5 Tahun



Gambar 5. Refraksi Gelombang Periode 5 Tahun

Dari gambar tersebut menghasilkan nilai; kedalaman laut (d) = 0,2 m, tinggi gelombang (H'_0) = 0,2 m dan sudut datang gelombang (α) = $44,5^\circ$. Dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut adalah keadaan di mana kondisi gelombang itu pecah sesaat menuju garis pantai. Dari tinggi gelombang tersebut juga bisa disimpulkan bahwa tinggi gelombang yang terjadi saat mendekati garis pantai adalah 0,2 m, dengan begitu tinggi timbunan untuk reklamasi haruslah lebih dari 0,2 m saat periode ulang 5 tahun.

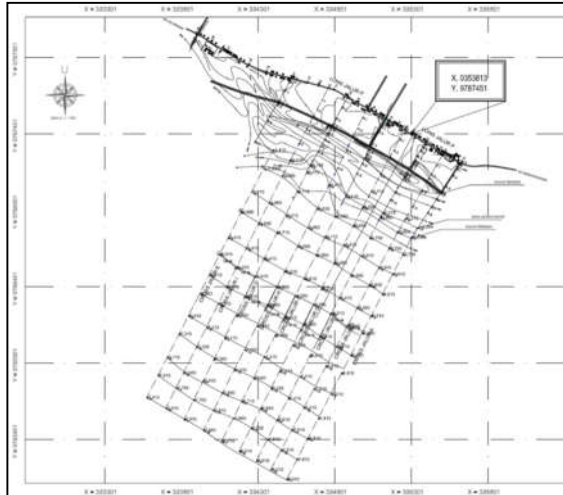
Tabel 11. Nilai d , α , H'_0 dan $H = 0,78d$ dengan Periode 10 Tahun



Gambar 6. Refraksi Gelombang Periode 10 Tahun

Dari gambar tersebut menghasilkan nilai; kedalaman laut (d) = 0,9 m, tinggi gelombang (H'_0) = 0,6 m dan sudut datang gelombang (α) = 42° . Dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut adalah keadaan di mana kondisi gelombang itu pecah sesaat menuju garis pantai. Dari tinggi gelombang tersebut juga bisa disimpulkan bahwa tinggi gelombang yang terjadi saat mendekati garis pantai adalah 0,6 m, dengan begitu tinggi timbunan untuk reklamasi haruslah lebih dari 0,6 m saat periode ulang 10 tahun.

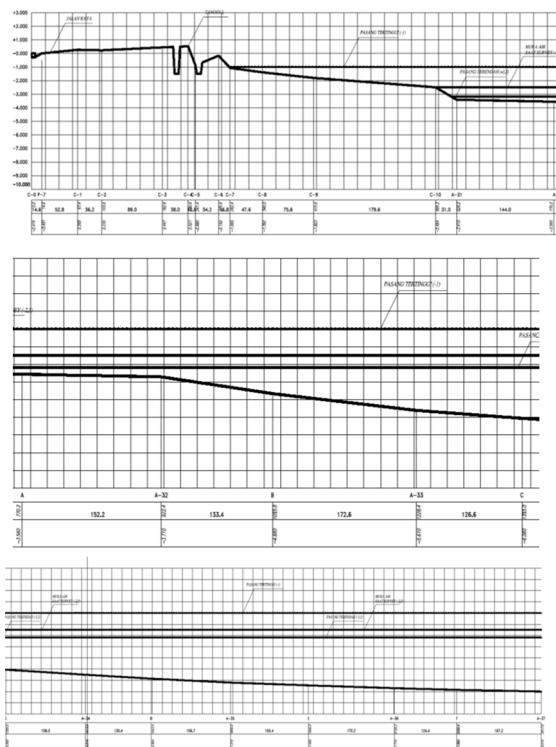
3.4. Bathimetri



Gambar 7. Bathimetri

Dari data luas lahan dan gambar potongan data bathimetri tersebut dapat disimpulkan kedalaman dasar laut yang paling dalam ± 6 m di bawah elevasi jalan raya sampai ke pada jarak kedalaman perairan untuk mengejar *draft* kapal yang akan berlabuh nantinya

3.5. Pasang Surut



Gambar 8. Pasang Surut

Dari data elevasi pasang surut terhadap daratan asli yaitu didapatkan nilai pasang tertinggi -1,000 dan surut terendah -3,200 terhadap elevasi dasar jalan raya 0.000. Dapat disimpulkan dari data pasang surut ini dalam perencanaan tinggi timbunan reklamasi bisa sejajar atau lebih tinggi dari elevasi jalan raya karena, elevasi pasang surut tertinggi masih di bawah elevasi jalan raya.

3.6. Pembebanan

Tabel 12. Pembebanan Struktur di atas Reklamasi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Dimensi Geobag

Tabel 13. Berat Isi Butir *Geobag*

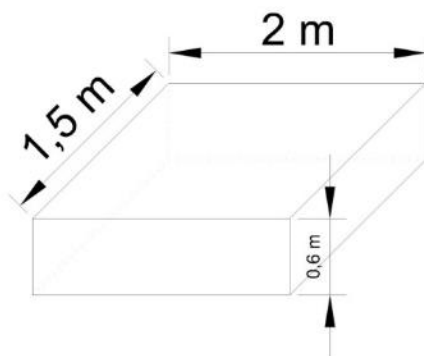
4.2. Perhitungan Berat Isi Butir *Geobag* :

- γ_r , didapat dari massa jenis pengisi geotube yaitu jenis tanah (pasir) yang ada di dasar laut. Data tersebut didapat dari laboratorium, yaitu $1.517,72 \text{ kg/m}^3$
- γ_a , didapat dari berat jenis air laut, yaitu 1.025 kg/m^3
- H , merupakan tinggi gelombang rencana

- K_D , merupakan Koefisien Stabilitas tergantung pada bentuk batu pelindung. Didapat dari tabel dan digunakan angka 1,1
- $S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$
- $S_r = \frac{1.517,72}{1025} = 1,48$
- θ , merupakan sudut kemiringan dinding penahan tanah. Dimasukkan data sesuai dengan sudut yang diinginkan atau dengan teknik "*trial and error*"
- $\cot \theta = \frac{1}{\tan \theta}$
- $\cot \theta = \frac{1}{\tan(38)} = 3,223$
- $W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cot \theta}$
- $W = \frac{1.517,72 \times 0,6}{1,1 \cdot (1,48 - 1)^3 \cot(38)} = 2.674,5 \text{ kg}$

Menurut hasil data diatas, berat isi satu *geobag* menggunakan berat (W) = 2.674,5 kg.

Tabel 14. Ukuran *Geobag*



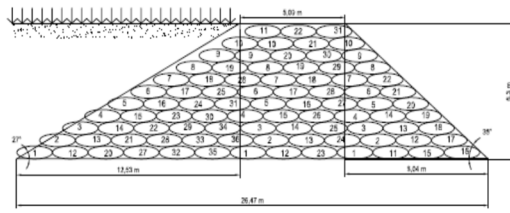
Gambar 9. Dimensi *Geobag* saat berisi material

4.3. Dinding Penahan Tanah

Tabel 15. Data Tanah hasil Laboratorium

Tabel 16. Data Hasil Kontruksi Dinding Penahan Tanah

(Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura)



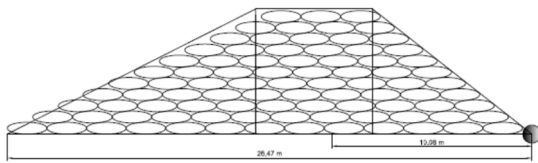
Gambar 10. Dinding Penahan Tanah

a. Keruntuhan akibat Guling (*Overtuning*)

Jarak Titik Beban Dinding Penahan Tanah (X):

$$\begin{aligned} & \left(-W_1 \cdot \frac{b_1}{2}\right) - \left(W_2 \left(b_1 + \frac{a}{2}\right)\right) - W_3 \left(b_1 + a + \frac{b_2}{2}\right) = \sum W \cdot X \\ & \frac{\left(-W_1 \cdot \frac{b_1}{2}\right) - \left(W_2 \left(b_1 + \frac{a}{2}\right)\right) - W_3 \left(b_1 + a + \frac{b_2}{2}\right)}{\sum W} = X \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \left(-60.102 \cdot \frac{8,04}{2}\right) - \left(84.689 \left(8,04 + \frac{5,09}{2}\right)\right) - 95.616 \left(8,04 + 5,09 + \frac{12,53}{2}\right) \\ & = (60.102 + 84.689 + 95.616) \cdot X \\ & \frac{\left(-60.102 \cdot \frac{8,04}{2}\right) - \left(84.689 \left(8,04 + \frac{5,09}{2}\right)\right) - 95.616 \left(8,04 + 5,09 + \frac{12,53}{2}\right)}{(60.102 + 84.689 + 95.616)} = X \\ & X = 10,08 \text{ m} \end{aligned}$$



Gambar 11. Titik Beban Dinding Penahan Tanah terhadap Guling

b. Momen tahanan akibat berat sendiri konstruksi ($\sum M_R$):

$$\begin{aligned} \sum M_R &= \sum W \cdot X \\ \sum M_R &= (60.102 + 84.689 + 95.616) \cdot 10,8 \\ \sum M_R &= \underline{2.423.370 \text{ kg.m}} \end{aligned}$$

c. Momen guling akibat gaya aktif ($\sum M_0$):

$$\begin{aligned} \sum M_0 &= \left(\left(\sum F \cdot \text{Titik Pusat Gaya} \right) - \left(\gamma_w \cdot \left(\frac{H_{DPT}^2}{2} \right) K_a \gamma_w \right) \right) \\ \sum M_0 &= \left((24229 \cdot 3,15) - \left(1025 \cdot \left(\frac{6,3^2}{2} \right) 1 \right) \right) \\ \sum M_0 &= \underline{282.004 \text{ kg.m}} \end{aligned}$$

Jadi ;

$$\begin{aligned} FS_{\text{overtuning}} &= \frac{\sum M_R}{\sum M_0} \geq 2 \\ FS_{\text{overtuning}} &= \frac{2.423.370}{282.004} \geq 2 \\ FS_{\text{overtuning}} &= \underline{8,59 \geq 2 \quad \text{OK!}} \end{aligned}$$

Desain Dinding Penahan Tanah aman terhadap keruntuhan akibat guling (*overtuning*).

d. Keruntuhan terhadap akibat Geser (*Sliding Failure*)

dimana :

$$\begin{aligned} \sum F_R &= \sum W + (b_1 + a + b_2) \\ \sum F_R &= (240.407) + (8,05 + 5,90 + 12,53) = 240.433 \\ \sum F_d &= \sum (P_a \cdot \text{Titik Pusat Gaya}) \\ \sum F_d &= \sum (24.229 \times 3,15) + (14.882 \times 2,10) + (12.750 \times 1,67) \\ \sum F_d &= 128.825 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi ; } FS_{\text{sliding}} = \frac{(\sum F_R)}{\sum F_d} > 1,5$$

$$FS_{\text{sliding}} = \frac{(240.433)}{128.825} > 1,5$$

$$FS_{\text{sliding}} = \underline{1,87 > 1,5 \quad \text{OK!}}$$

Desain Dinding Penahan Tanah aman terhadap keruntuhan akibat geser (*sliding*).

d. Keruntuhan akibat Daya Dukung Tanah Izin dilampaui (*Bearing Capacity Failure*)

Tabel 17. Faktor Bentuk (*shape*) dan Faktor Kedalaman (*depth*), untuk persamaan daya dukung *Vesic*.

$$\begin{aligned} q_{\text{ult}} &= c \cdot N_c \cdot \xi_{sc} \cdot \xi_{dc} + q \cdot N_q \cdot \xi_{sq} \cdot \xi_{dq} + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot \xi_{d\gamma} \\ q_{\text{ult}} &= (8,924 \times 2,687 \times 1 \times 1,01) \\ &+ (1.138,3 \times 2,867 \times 1 \times 0,998) \\ &+ \left(\frac{1}{2} (1.517,72) \times 26,47 \times 1,567 \times 1 \right) \\ q_{\text{ult}} &= \underline{34.774 \text{ kg}} \end{aligned}$$

e. Eksentrisitas :

$$\begin{aligned} \text{Jika, } e &= \frac{B}{2} - \frac{\sum M_R - \sum M_0}{\sum W} < \frac{B}{6} \\ e &= \frac{(8,05 + 5,90 + 12,53)}{2} - \frac{2.423.370 - 282.004}{(60.102 + 84.689 + 95.616)} \\ &< \frac{(8,05 + 5,90 + 12,53)}{6} \\ e &= \underline{4,3 < 4,4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } q_{\text{maks}} &= q_{\text{toe}} = \frac{\sum W}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \\ q_{\text{maks}} &= \frac{(60.102 + 84.689 + 95.616)}{(8,04 + 5,90 + 12,53)} \left(1 + \frac{6 \cdot (4,3)}{(8,04 + 5,90 + 12,53)} \right) \\ q_{\text{maks}} &= \underline{9.083 \text{ kg}} \end{aligned}$$

$$\text{Jadi, } FS_{\text{bearingcapacity}} = \frac{q_{\text{ult}}}{q_{\text{maks}}} > 3$$

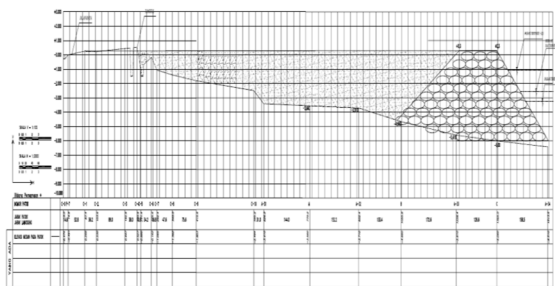
$$FS_{bearingcapacity} = \frac{34.774}{9.083} > 3$$

$$FS_{bearingcapacity} = 3,83 > 3 \quad \text{OK !}$$

Desain Dinding Penahan Tanah aman terhadap Daya Dukung Izin dilampaui.

f. Timbunan atau Urugan Tanah

Tipe reklamasi yang digunakan yaitu tipe reklamasi sistem timbunan atau urugan yang menyambung dengan daratan. Material pengerukan diambil dari sekitaran lokasi yaitu dari dasar laut. Proses pengerukan sendiri akan menggunakan kapal keruk yang langsung akan dicurahkan ke lahan yang akan diurug dengan terlebih dahulu membangun dinding penahan tanah dengan menggunakan *geobag*. Proses urugan sendiri tidak perlu membuang air atau dengan memompa dengan memindahkan air ke tempat lain, yang ada di lokasi urugan karena, air tersebut dengan sendirinya akan memadatkan pasir urugan. Jadi proses pemadatan tidak perlu menggunakan mesin penggilas.



Gambar 12. Volume Timbunan Lahan Reklamasi

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian untuk Analisis Reklamasi Lahan untuk Pembangunan Pelabuhan di Ketapang dengan menggunakan *Geosynthetic*, dapat disimpulkan bahwa :

- Kedalaman perairan dengan jangkauan sekitar 1064,05 m dari bibir pantai dengan jenis kapal paling besar yaitu 5000 DWT yang memiliki *draft* kapal 5,2 m, dengan elevasi kedalaman perairan yaitu -6,00 dengan tinggi timbunan di elevasi +0,30 m dari elevasi jalan raya 0,00 m.
- Dinding Penahan Tanah menggunakan *geobag* dengan yang ditumpuk memiliki ukuran 1 buahnya 2 x 1,5 x 0,6 m dan memiliki tinggi 6,3 m dari permukaan air

laut sampai dasar laut yang paling dalam dan berbentuk susunan trapesium dengan lebar puncak trapesium tersebut 5,09 m (tiga baris *geobag*) dan lebar dasar trapesium 26,47 m (13 baris), sehingga aman terhadap keruntuhan akibat guling (*overtuning*), geser (*sliding*) dan daya dukung izin dilampaui (*Bearing Capacity*)

5.2. Saran

Dalam perencanaan ini lahan akan diperuntukkan sebagai pelabuhan laut tetapi, dalam penelitian ini penulis menyelesaikan dulu masalah utamanya yaitu mengejar kedalaman perairan sesuai dengan jenis kapal yang akan berlabuh dan sampai pada tahap perencanaan dinding penahan tanah disesuaikan dengan luas lahan. Penelitian lanjutan mengenai tahapan penimbunan lahan dan desain dermaga pelabuhan tersebut dapat digunakan untuk pemberdayaan pengiriman bahan baku ekspor maupun impor, penumpang dan lainnya untuk Kabupaten Ketapang sendiri atau bahkan mencakup seluruh Kalimantan Barat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimael Kaunang, Josua. 2016. *Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut pada Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara*. *Jurnal Sipil Statik*. Vol.4, No.9. Hlm.570-573.
- Atmadilaga, Adi. 2011, November 28. *Pembebanan Pada Struktur Bangunan*. <http://kampuzsipil.blogspot.com/2011/11/pembebanan-pada-struktur-bangunan.html>.
- Bachtiar, Vivi. 2010. *Rekayasa Pondasi 1*. Pontianak : Universitas Tanjungpura
- Hardiyatmo, Hary Christiady. 1996. *Teknik Fondasi II*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Munawir, 2016. *Ketapang dalam Angka 2016*. *Ketapang* : Badan Pusat Statistik Kabupaten Ketapang

Paotonan, Chairul. 2012. ***Metode Sederhana Penentuan Dimensi Geotextile Tube (Geotube) sebagai Struktur Pelindung Pantai.*** *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)*. Vol.10, No.2. Hlm.235-236.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.40/PRT/M/2007 tentang Pedoman Perencanaan Tata Ruang Kawasan Reklamasi Pantai. 2008. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.40/PRT/M/2007 tentang Modul Terapan Pedoman Perencanaan Tata Ruang Kawasan Reklamasi Pantai. 2008. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No.28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau. 2015. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.

PT. Pandu Equator Prima. 2016. ***Geosynthetic.*** <http://pandu-equator.com/>

Studi Kelayakan Pelabuhan Regional di Kabupaten Ketapang Provinsi Kalimantan Barat. 2012. Ketapang. Dinas Perhubungan Kabupaten Ketapang.

Triatmodjo, Bambang. 1999. ***Teknik Pantai.*** Yogyakarta : Beta Offset.

Triatmodjo, Bambang. 2009. ***Perencanaan Pelabuhan.*** Yogyakarta : Beta Offset.